

Electrical and Mechanical Performance of Transmission Line Composite Insulator

Zhuye Cui¹, Qianqian Li², Shaohua Wang³

¹Hangzhou E-Energy Technology Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang

²State Grid Cangzhou Power Supply Company, Cangzhou Hebei

³State Grid Zhejiang Electric Power Research Institute, Hangzhou Zhejiang

Email: wshcqu@163.com

Received: Mar. 25th, 2016; accepted: Apr. 22nd, 2016; published: Apr. 27th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Taking 110 kV and 220 kV operation line composite insulators as research objects, the electrical performance and mechanical performance were investigated in this paper. On this basis, the condition of running composite insulator was effectively evaluated. The results show that the electrical and mechanical properties of the composite insulators running for many years are still eligible for the basic requirements of operation line. The aging characteristic of composite insulators has some correlation with the running time. The test results can provide a reference for the operation and maintenance of composite insulators.

Keywords

Composite Insulator, Operation Performance, Experimental Research, Condition Evaluation

输电线路复合绝缘子的电气及机械特性

崔竹叶¹, 李倩倩², 王少华³

¹杭州意能电力技术有限公司, 浙江 杭州

²国网河北省电力公司沧州供电公司, 河北 沧州

³国网浙江省电力公司电力科学研究院, 浙江 杭州

Email: wshcqu@163.com

文章引用: 崔竹叶, 李倩倩, 王少华. 输电线路复合绝缘子的电气及机械特性[J]. 电力与能源进展, 2016, 4(2): 29-35.
<http://dx.doi.org/10.12677/aepe.2016.42004>

收稿日期：2016年3月25日；录用日期：2016年4月22日；发布日期：2016年4月27日

摘要

以挂网运行线路110 kV、220 kV复合绝缘子为研究对象，对其电气、机械性能进行了试验检测；在此基础上对复合绝缘子的运行状态进行了有效评估。结果表明，运行多年的复合绝缘子，其电气和机械综合性能仍基本满足线路运行要求，老化特征与其运行时间之间存在一定的相关性。试验研究结果可为复合绝缘子的运行和维护工作提供参考。

关键词

复合绝缘子，运行特性，试验研究，状态评估

1. 引言

与瓷、玻璃绝缘子相比较，复合绝缘子具有体积小、重量轻、运输安装方便、机械强度高、耐污性能优异及便于维护等优点；自上世纪90年代起，在浙江电网得到了大量推广应用。

目前，浙江电网线路复合绝缘子总体运行状况良好，但随着复合绝缘子使用数量的增多、覆盖面积的扩大及运行年限的增长，也逐渐暴露出产品质量方面的问题，因复合绝缘子产品质量引起的线路隐患甚至设备故障(如局部过热、外护套蚀损、芯棒断裂等)时有发生。为确保复合绝缘子的安全、可靠和稳定运行，有必要加强复合绝缘子的运行情况跟踪，进而准确掌握复合绝缘子的运行状态，客观、全面评价其电气和机械性能。长期以来，复合绝缘子运行性能的评估一直是各科研单位研究的热点[1]-[3]。

本文旨在结合浙江电网110 kV、220 kV线路复合绝缘子抽样检测试验结果，对复合绝缘子的运行状态进行有效分析和评估，以期为复合绝缘子的运行和维护工作提供参考。

2. 试品、试验内容及方法

2.1. 试品

试品为浙江电网带电运行的140支复合绝缘子，其中110 kV复合绝缘子105支、220 kV复合绝缘子35支。试验复合绝缘子的运行年限为3~16年，具体年限分布如图1所示。

2.2. 试验内容及方法

试验内容包括外观检查、憎水性试验、界面试验、密封性能试验和机械破坏负荷试验等[4][5]，试验方法如下。

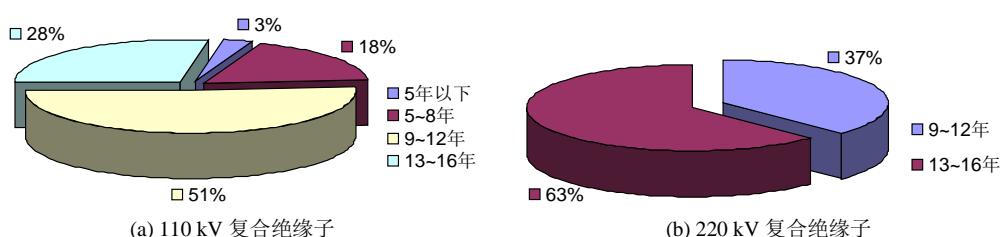


Figure 1. Operating years distribution of test composite insulators

图1. 试验复合绝缘子的运行年限分布

外观检查：主要检查绝缘子表面是否存在电蚀损、漏电起痕、树枝状放电痕迹、电弧烧伤痕迹等，绝缘子伞套是否存在硬化、脆化、粉化、开裂、变形等现象，伞裙与芯棒粘接部位是否存在脱胶等现象。

憎水性测量：采用喷水分级法(HC 法)。将被试绝缘子垂直悬挂，采用能产生微小雾粒的喷雾器作为喷水设备，距离被试绝缘子约 25 cm，每秒喷水 1 次，喷射角为 50°~70°，持续 20 s，在喷雾结束后的 30 s 内完成憎水性分级的 HC 值读取。

界面试验：先后进行水煮试验和陡波前冲击电压试验(简称“陡波试验”)。水煮试验是将绝缘子浸在含有 0.1% NaCl 的水中沸腾 42 h，在沸腾结束后，绝缘子仍保留在容器中，直到水冷却到大约 50℃时进行外观检查。陡波试验在水煮试验完成后 48 h 内完成，将绝缘子分成几个等于或小于 500 mm 的区段，在每个区段，施加正负极性各 25 次陡波，陡度为 1000~1500 kV/μs。每次冲击应引起电极间的外部闪络，而不应产生击穿；否则判为不合格。

密封性能试验：用染色渗透法，检查绝缘子金属附件和伞套间界面的渗透性。试验时施加的机械负荷为 0.65 倍额定机械负荷(Specified Mechanical Load, SML)。

机械负荷试验：先将机械负荷平稳地升到 70% SML，然后在 30~90 s 时间内将机械负荷升到 SML，耐受 1 min，被试绝缘子不应发生芯棒破坏、抽芯、端部附件破坏、伞裙套裂纹、密封件开裂等现象。然后增加机械负荷直至被试绝缘子拉断。

考虑到各项试验之间可能存在相互影响和干扰，为保证试验数据的准确性和有效性，试验流程按先非破坏性试验、再破坏性试验的原则进行，如图 2 所示。

3. 试验结果及分析

3.1. 外观检查

110 kV 复合绝缘子外观检查结果的统计情况如表 1 所示。

从表 1 可以看出，在抽样的 110 kV 复合绝缘子中，运行 5 年以下的，共检测了 3 支，均未发现异常。运行 5~8 年的绝缘子，共抽检了 19 支，其中 9 支轻度硬化，1 支轻度粉化，分别占抽样绝缘子总数的 47.37% 和 5.26%；5 支绝缘子存在破损，占抽样绝缘子总数的 26.32%。运行 9~12 年绝缘子，共抽检了 54 支，其中 3 支硬化，8 支粉化，分别占抽样绝缘子总数的 5.56% 和 14.81%；18 支绝缘子存在破损，占绝缘子总数的 33.33%；1 支绝缘子电蚀损严重。运行 13~16 年绝缘子，共抽检了 29 支，其中 11 支严重硬化，5 支粉化，分别占抽样绝缘子总数的 37.93% 和 17.24%；12 支绝缘子存在破损，占绝缘子总数的 41.28%。

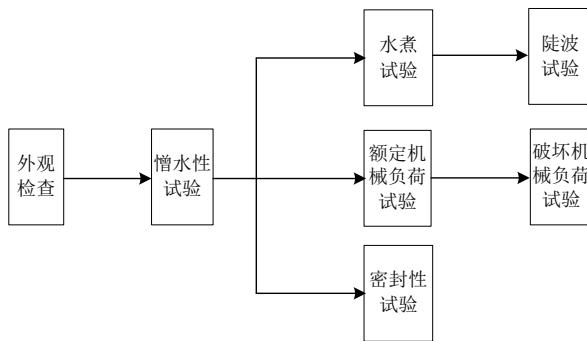
220 kV 复合绝缘子外观检查结果的统计情况如表 2 所示。

从表 2 可以看出，在抽样的 220 kV 复合绝缘子中，运行 9~12 年绝缘子，共检测了 13 支，其中 4 支轻度硬化，1 支轻度粉化，分别占抽样绝缘子总数的 30.77% 和 7.69%；1 支绝缘子已脆化；7 支绝缘子存在破损，占抽样绝缘子总数的 53.85%。运行 13~16 年绝缘子，共检测了 22 支，其中 7 支硬化，10 支粉化，分别占抽样绝缘子总数的 31.82% 和 45.45%；13 支绝缘子存在破损，占抽样绝缘子总数的 59.09%。

抽样复合绝缘子的典型外观如图 3 所示。总体上看，不同运行年限的复合绝缘子，其积污情况差异较大；运行 5 年以上的复合绝缘子都会出现不同程度的老化、劣化现象。运行 5~12 年的复合绝缘子，因绝缘子材质、加工工艺差异及运行环境不同，会出现不同程度的硬化和粉化现象。运行年限超过 13 年的复合绝缘子，表面严重发黑，伞裙严重脆化，部分出现伞裙脱落现象，对伞裙稍施外力即会出现撕裂现象。

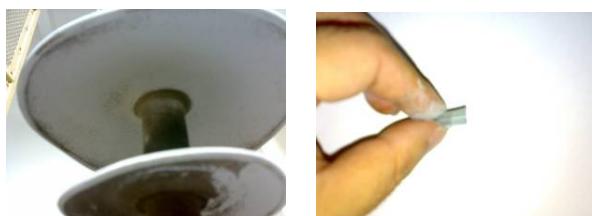
3.2. 憎水性试验

110 kV 复合绝缘子的憎水性测量结果的统计情况如表 3 所示。

**Figure 2.** Performance test process of operating composite insulators**图 2.** 运行复合绝缘子性能试验流程

(a) 严重积污

(b) 表面硬化



(c) 表面粉化

(d) 脆化



(e) 伞裙破损

(f) 芯棒电蚀损严重

Figure 3. Typical pictures of visual inspection**图 3.** 外观检查典型图片**Table 1.** Statistical results of visual inspection of 110 kV composite insulators**表 1.** 110 kV 复合绝缘子外观检查统计结果

运行年限	被试绝缘子总数(支)	缺陷类型						
		伞裙破损(支)	硬化(支)	粉化(支)	脆化(支)	严重积污(支)	电蚀损(支)	受雷击(支)
5 年以下	3	0	0	0	0	0	0	0
5~8 年	19	5	9	1	0	7	0	3
9~12 年	54	18	3	8	0	18	1	1
13~16 年	29	12	11	5	0	3	0	0

Table 2. Statistical results of visual inspection of 220 kV composite insulators
表 2. 220 kV 复合绝缘子外观检查统计结果

运行年限	被试绝缘子总数(支)	缺陷类型						
		伞裙破损(支)	硬化(支)	粉化(支)	脆化(支)	严重积污(支)	电蚀损(支)	受雷击(支)
9~12 年	13	7	4	1	1	7	0	0
13~16 年	22	13	7	10	0	5	0	0

Table 3. Hydrophobic measurement result of 110 kV composite insulators
表 3. 110 kV 复合绝缘子的憎水性测量结果

运行年限	被试绝缘子总数(支)	憎水性等级			
		HC1~HC3 级(支)	HC4 级(支)	HC5 级(支)	HC6 级(支)
5 年以下	3	3	0	0	0
5~8 年	19	19	0	0	0
9~12 年	54	40	9	5	0
13~16 年	29	28	1	0	0

从表 3 可以看出, 对于被检测的 51 支运行年限为 8 年以下或 13~16 年 110 kV 复合绝缘子, 憎水性均合格(HC1~HC4)。对于被检测的 54 支运行 9~12 年 110 kV 复合绝缘子, 其中 49 支憎水性合格, 占检测绝缘子总数的 91.74%; 5 支可继续运行, 须跟踪检测(HC5), 占绝缘子总数 9.26%; 没有不合格的绝缘子(HC6)。

220 kV 复合绝缘子的憎水性测量结果的统计情况如表 4 所示。

从表 4 可以看出, 对于被检测的 13 支运行 9~12 年 220 kV 复合绝缘子, 其中 12 支憎水性合格, 占绝缘子总数 92.31%; 1 支可继续运行须跟踪检测, 占绝缘子总数 7.69%; 没有不合格的绝缘子。对于被检测的 22 支运行 13~16 年 220 kV 复合绝缘子, 其中 21 支憎水性合格, 占绝缘子总数 95.45%; 1 支可继续运行, 须跟踪检测, 占绝缘子总数 4.55%; 没有不合格的绝缘子。

抽样复合绝缘子的憎水性分级的典型状态如图 4 所示。

抽样绝缘子的憎水性级别统计结果如图 5 所示。总体上看, 大部分抽样绝缘子的憎水性级别为 HC1~HC3。部分运行 9 年以上、积污比较严重的复合绝缘子, 其憎水性达到 HC4、HC5 级。

3.3. 界面试验

对 27 支 110 kV、11 支 220 kV 复合绝缘子进行了界面试验, 试验结果均为合格。

3.4. 密封性能试验

对 16 支 110 kV、7 支 220 kV 复合绝缘子进行了界面试验, 试验结果均为合格。

3.5. 机械负荷试验

共对 39 支 110 kV、17 支 220 kV 复合绝缘子进行了机械负荷试验。绝缘子破坏的典型图片如图 6 所示。

对于 110 kV 被试绝缘子, 除 1 支外均通过了 1 min 额定机械负荷耐受试验。从破坏部位分析, 芯棒撕裂的有 11 支, 占总数的 28.21%; 金具(帽窝、脚球)断裂的有 11 支, 占总数的 28.21%; 金具拉脱的 17 支, 占总数的 43.59%。

Table 4. Hydrophobic measurement result of 220 kV composite insulators
表 4. 220 kV 复合绝缘子的憎水性测量结果

运行年限	被试绝缘子总数(支)	憎水性等级			
		HC1~HC3 级(支)	HC4 级(支)	HC5 级(支)	HC6 级(支)
9~12 年	13	8	4	1	0
13~16 年	22	18	3	1	0

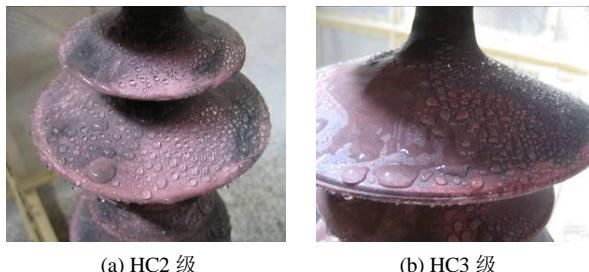


Figure 4. Typical condition of hydrophobicity classification of sampled composite insulators
图 4. 抽样复合绝缘子憎水性分级的典型状态

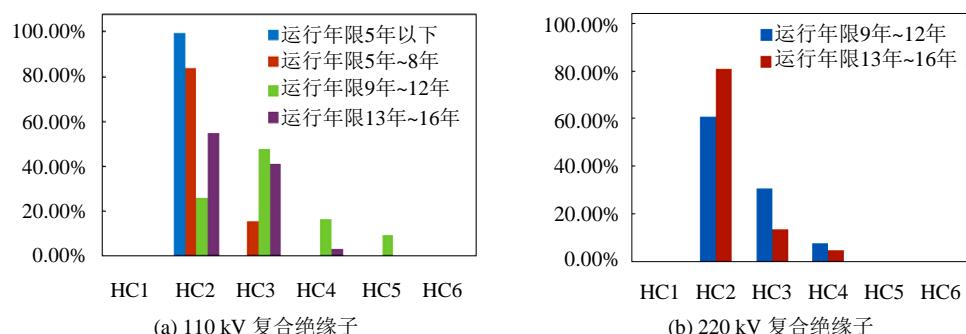


Figure 5. Statistical results of hydrophobic level of sampled composite insulators
图 5. 抽样复合绝缘子憎水级别统计结果



Figure 6. Typical pictures of mechanical failing load test
图 6. 机械破坏负荷试验典型图片

对于 220 kV 被试绝缘子，除 1 支外均通过了 1 min 额定机械负荷耐受试验。从破坏部位分析，芯棒撕裂的有 1 支，占总数的 5.88%；金具断裂的有 7 支，占总数的 41.18%；金具拉脱的 9 支，占总数的 52.94%。

总体上看，被检测的 110 kV、220 kV 复合绝缘子机械性能较好，仅有 5 支复合绝缘子破坏负荷接近或略低于额定负荷，其余均在额定负荷 1.2 倍以上。

4. 结论

- 1) 浙江电网 110 kV、220 kV 线路复合绝缘子的总体运行情况较好。尽管个别试品外观表现出一定的老化特征，但测试绝缘子综合的电气性能和机械性能仍基本满足线路运行要求。
- 2) 复合绝缘子运行多年后，仍然保持良好的憎水性。为防止污闪事故的发生，建议 d、e 级污秽区优先选用复合绝缘子。
- 3) 综合电气和机械性能测试结果表明，复合绝缘子的老化与其运行时间之间存在一定的相关性。

参考文献 (References)

- [1] 张福增, 宋磊, 屠幼萍. 500 kV 复合绝缘子运行特性分析[J]. 高电压技术, 2012(4): 2536-2541.
- [2] 印华, 吴高林, 王勇. 重庆电网 500 kV 交流复合绝缘子运行特性的试验研究[J]. 高压电器, 2010(9): 22-25.
- [3] 王少华, 叶自强, 罗盛. 500 kV 复合绝缘子断裂机理及检测方法[J]. 中国电力, 2011(8): 19-21.
- [4] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 19519-2004 标称电压高于 1000 V 的交流架空线路用复合绝缘子——定义、试验方法及验收准则[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [5] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. DL/T 864-2004 标称电压高于 1000 V 交流架空线路用复合绝缘子使用导则[S]. 北京: 中国电力出版社, 2004.